

南極観測における重力測定役割

福田 洋一

京都大学大学院理学研究科

The Role of Gravity Measurements for Antarctic Research Expeditions

Yoichi Fukuda

Graduate School of Science, Kyoto University

In order to estimate subsurface density structures, JARE (Japanese Antarctic Research Expedition) has been conducting gravity measurements using spring type relative gravimeters since early times. While the importance of these measurements have not changed even today, high precision measurements using absolute gravimeters (AGs) and superconducting gravimeters (SGs), which have been carried out even in Antarctica in the past 20 years (*e.g.*, Shibuya, 1993; Shibuya *et al.*, 2003), and surface ship gravity, satellite altimetry, in addition, airborne gravity and satellite gravity data in recent years have expanded the applications of gravity measurements remarkably. For instance, AGs and SGs can be used for the studies of ice sheet changes and GIA (Glacial Isostatic Adjustment) by detecting the temporal gravity changes with a high precision. Moreover, SG data can contribute not only to the researches in Antarctica but also to the studies of global geodynamics. Furthermore, the accuracy of gravity anomalies has been drastically improved by employing airborne and satellite gravity data. Consequently the data play important role for the tectonic studies and other purposes. In this paper, we first overview the history and the present status of gravity measurements by JARE, and then consider the role of gravity measurements for the future studies of Antarctic geosciences.

1. はじめに

JARE では、主に地下構造の推定を目的とし、早い時期からバネ式の相対重力計を用いた重力測定を実施してきた。このことの重要性は現在でも変わらないが、最近 20 年間には、南極でも絶対重力計や超伝導重力計を用いた高精度な測定が実施されるようになり（例えば、Shibuya, 1993; Shibuya *et al.*, 2003）、また、船上重力や衛星高度計、さらに近年では航空重力測定や衛星重力データの利用など、重力を利用した研究の応用範囲は格段に広がっている。例えば、絶対重力計や超伝導重力計は、重力の時間的変化を測定することで、氷床変動や GIA などの研究にも利用されている。また超伝導重力計観測は、南極研究に留まらないグローバルな地球ダイナミクスの研究などにも寄与している。さらに、重力異常のマッピングでも、近年、航空重力や衛星重力データの利用で、従来とは比べものにならない高品質の重力異常図データが得られるようになっており、テクトニクスの研究などでも重要な役割を果たしている。本講演では、JARE での重力測定の歴史や現状を概観し、今後の南極観測における重力測定の役割について考える。

2. JARE での重力測定

JARE での重力測定の歴史は古く、2 次隊ではすでに重力振子による測定が計画され、6 次隊で初の測定に成功している。また、特筆すべきは 9 次隊の極点旅行に際して、そのルートに沿って LaCoste 重力計での測定が実施されたことで、このデータは今でも大変貴重なものである。その後現在に至るまで、折に触れ、大陸や昭和基地周辺での重力測定が実施されておりデータの蓄積が行われている（例えば、国土地理院, 2007; 福田, 2001）。

一方、船上での重力測定は、ふじが就航した 8 次から始まるが、南極海でデータが取得できたのは 23 次になってからである（福田, 1995）。このときの船上重力計は NIPRORI-I 型と呼ばれるもので、この重力計は旧しらせで、25, 27, 28 次で使用され、その後、NIPRORI-II 型に置き換えられ、幾度かの休止はあるものの、データ集録装置等のアップグレードを重ねながら 49 次での旧しらせの最後の航海まで使用された。現在は、新しらせの就航に伴い重力計も一新して観測が続けられ、新たに導入されたマルチビーム測深儀とともに、海洋での地球物理学的研究に大いに貢献している。

これらに加え、日独共同で 47 次で実施された航空重力測定は、昭和基地周辺での重力異常図を一新し、航空重力の重要性を如実に示すものである。特にほとんど雪上車のルート上に沿ってしか存在しなかった大陸上や、海域でもデータの空白域であった海岸沿いの重力異常が、わずか 1 シーズンの夏の観測で詳細に描かれているのを見ると、今後、航空機による測定を拡張することの意義・重要性は明白である。

JARE での絶対重力測定は、国土地理院が SAKUMA 式の絶対重力計(GA60)を用い 33 次で初めて実施した（松村, 2001）。続いて 34 次で国立天文台のグループが測定を行い、その後、36, 42, 45, 51, 53 次と、現在、世界

の標準となっている MGL (Micro-g LaCoste)社製の FG-5 絶対重力計を用いた測定が繰り返し実施されている。また、53 次では、MGL 製の野外用絶対重力計 A10 を用い、露岸地域の野外での初めての絶対重力測定が行われている。

昭和基地での超伝導重力計観測は、GWR 社製の TT-70 (#016)を用い 34 次から開始されている(佐藤, 2001)。TT-70 での観測は、その後約 10 年間続いたのち 44 次には、小型でヘリウム液化装置も備えた CT(#043)に、また、51 次からは更に小型で高性能となった最新の OSG (#058)に置き換えられ、現在も順調に観測を続けている。

3. 重力測定の役割と今後の展望

南極観測での重力測定の 1 つの重要な目的は、最初にも述べたように地下の密度構造を推定することであり、このことの意義は全く変わっていない。一方、航空重力や衛星重力データが利用できるようになった現在、これらのデータ利用の重要性は明らかであり、そのことを念頭に置いた上で、地上での重力測定の役割を考えると、今後、地上での測定に求められるのは、空間分解能の高さと絶対値の意味での精度の高さである。例えば、地震探査に付随した重力探査などは、やはり地上の測定に頼らざるを得ないであろうし、そのデータを航空重力や衛星データの校正に使用することを考えると、絶対値としての精度の高さが要求される。従来、バネ式の相対重力計ではドリフト等の問題で南極大陸での精度の低下は避けられなかったが、A10 のような野外用絶対重力計とのハイブリッド測定でこの問題は克服可能であるので、地上測定データの価値を高めるためには、今後は、A10 の利用を積極的に進めることが重要であろう。

一方、南極、あるいは極域では、重力の時間的変化に関連した研究が、益々重要になって来ることは確実である。実際、極域での氷床変動の量的な評価は、ほぼ GRACE による衛星重力データに頼っているのが現状であり、その地上検証や GIA の補正のためにも、絶対重力測定の繰り返しと超伝導重力観測を組み合わせた観測が大変重要である。現在、南極でこれが実現できているのは昭和基地だけであり、関連した各種の宇宙測地観測、驗潮観測、あるいは海底圧力観測などと合わせ、JARE のプレゼンスを示す重要な観測である。さらに、重力の時間変化は、さまざまな要因が複雑に絡み合った結果として生じるものであり、それはまさに学際的な研究課題として、科学的にも大変重要かつ興味深いものである。

4. おわりに

現在、グローバルな測地基準系を実現しているのは、ITRF (International Terrestrial Reference Frame)と呼ばれる、VLBI, GNSS(GPS), DORIS, SLR の 4 種類の異なる宇宙測地技術による観測点網である。ITRF は、地球上のすべての位置情報の骨格を与えるばかりでなく、例えばすべての衛星の軌道位置情報も ITRF に準拠して決められていることを考えると、地球科学の最も基本となるインフラの 1 つを提供しているといえることができる。ITRF を実現する手法が 2 つ以上揃っている観測点は、コリケーション・サイトと呼ばれ、昭和基地は VLBI, GPS, DORIS の 3 つの手法が揃っているが、このような観測点は、南極ではもちろん、我が国でも唯一の点で、世界的にもわずか 10 数点しか存在しない。さらに最近では、位置と重力変化の関連性から、ITRF 点で重力測定を実施することの重要性がしばしば指摘されているが、昭和基地は、超伝導重力計による重力の連続観測と絶対重力計による定期的な測定が実施されている稀有な観測点でもある。南極でこれらの観測を維持することの困難さを考えると、我が国がそれを実践していることは誇るべきことであり、また、このことは昭和基地での重力測定の 1 つの重要な意義であることを強調したい。

References

- 福田洋一, 南極海の重力測定の現状とその問題点, 月刊海洋, 27, 351-355, 1995.
- 福田洋一, 南極および周辺海域での重力場研究, 月刊地球号外, 35, 130 - 137, 2001.
- 国土地理院, 国土地理院南極地域観測事業 50 年の変遷, 国土地理院時報, 111 集, 1-100, 2007.
- 松村正一, 重力基準点網の歴史と重力絶対測定, 月刊地球号外, 35, 102 - 108, 2001.
- 佐藤忠弘, 超伝導重力計による観測研究, 月刊地球号外, 35, 116 - 122, 2001.
- Shibuya, K., Syowa Station; observatory for global geodesy in Antarctica (a review). Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci., 6, 26-36, 1993.
- Shibuya, K., K. Doi and S. Aoki, Ten years' progress of Syowa Station, Antarctica, as a global geodesy network site. Polar Geosci., 16, 29-52, 2003.